
SHORTEST PATH BRIDGING (SPB) (802.1aq)

+ Mac-in-Mac (802.1ah)



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tieto- ja Viestintätekniikan koulutusohjelma

Riihimäki, Kevät 2017

Mikko Ilomäki



RIIHIMÄKI

Tieto- ja Viestintätekniikka

Tietoliikenne

Tekijä

Mikko Ilomäki

Vuosi 2017

Työn nimi

Shortest Path Bridging (SPB) (802.1aq)

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on esitellä Shortest Path Bridging (SPB) (802.1aq) tietoliikennetekniikkaa ja erityisesti SPB:n mac-in-mac tekniikkaan pohjautuvaa SPB-M vaihtoehtoa. Tavoitteena on tuottaa tietoliikenneverkkojen tekniikasta kiinnostuneille ja tietoliikenteen perusteita tunteville helposti lähestyttävä materiaali SPB-tekniikan perusteiden oppimiseen.

Tämä tutkimus on saanut alkunsa henkilökohtaisen kiinnostuksen sekä työelämässä vastaan tulleiden tietoliikenneverkkojen suunnitteluun, toimintaan ja ylläpitoon liittyvien haasteiden ja tarpeiden kautta.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi tekniikan perusteita yleisesti ja havainnollistetaan SPB-toteutuksen verkkolaitteita ja niiden toimintaa sekä rooleja. Tämän jälkeen perehdytään kahdentamiseen ja tietoliikenteen jakamiseen verkossa sekä erilaisiin konfiguraatiovaihtoehtoihin. Lopuksi esitellään pienen testiverkon toteutusesimerkki ja tämän verkon aktiivilaitteiden konfiguraatiot.

Opinnäytetyön tietosisältö perustuu kirjoittajan omaan tietotaitoon, yleisesti verkossa saatavilla olevaan SPB-tekniikkaa käsittelevään materiaaliin ja eri laitetoimittajien ohjeiden sekä esitysten pohjalta saatuun informaatioon. Kaikki konfiguraatioesimerkit on tehty Alcatel-Lucent Enterprise:n kytkinlaitteilla ja uusimmilla kirjoitushetkellä saatavilla olleilla ohjelmistoversioilla.

Avainsanat Tietoliikenne, Shortest Path Bridging, Mac-in-Mac, 802.1aq, 802.1ah.

Sivut

26 s. + liitteet 27 s.

RIIHIMÄKI

Information Technology

Information Network Technology

Author

Mikko Ilomäki

Year 2017

Subject of Bachelor's thesis

Shortest Path Bridging (SPB) (802.1aq)

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to present the Shortest Path Bridging (SPB) (802.1aq) network technology and especially the SPB-M encapsulation technique. The objective was to produce material about SPB which would be easy to understand by anyone interested in the technology of data communication networks and who already understands the basics of networking techniques.

The subject for this thesis is based on my personal interest and also experiences and challenges gained in the field of network designing, operating and maintenance.

At the beginning of the thesis we go through the basics of SPB and demonstrate network topology and devices as well as the operational roles and functions of the network devices. After that we examine how network redundancy and traffic distribution and separation is accomplished. Finally, there is a demonstration of a small SPB network and the configurations of all network devices presented in this thesis.

All the information in this thesis is based on the author's personal knowledge and literature available in the internet and also different network device supplier's manuals and presentations about the SPB technology. The configuration examples were made of Alcatel-Lucent Enterprise devices and using the latest software versions available at the time of writing this document.

Keywords Networking, network communication, Shortest Path Bridging, Mac-in-Mac, 802.1aq, 802.1ah.

Pages 26 p. + appendices 27 p.

SANASTO

CVLAN	Customer Virtual Local Area Network. Yleisesti sama kuin VLAN.
BCB	Backbone Core Bridge. SPB-verkon runkokytkin jossa ei ole asiakasliitännöitä.
BEB	Backbone Edge Bridge. SPB-verkon kytkin jossa SPB-palveluiden asiakasliitännöitä.
BMAC	Base Mac-address. Runkoverkon laitteen mac-osoite.
BVLAN	Backbone vlan. SPB-verkon runkovlan (1-16kpl) joiden sisällä liikennettä SPB-kytkinten välillä kuljetetaan.
ECT-ID	Equal Cost ID. SPB-verkossa runkovlanille (BVLAN) määritelty numeerinen arvo, jota käytetään linkin valintaan silloin, kun samanarvoisia vaihtoehtoja on useita.
CVLAN	Customer VLAN. Esim. runkoverkossa välitettävä asiakkaan VLAN.
FDB	Forwarding database. Verkkokytkeksen sisäinen mm. mac-osoitteiden sijaintin perustuva kytkentätaulu.
IP	Internet Protocol. Ip-osoite / Verkko-osoite
I-SID	Instance Service identifier. SPB-palveluiden erottelussa käytettävä numeerinen ID arvo.
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System. Linkkitila reititysohjelmalla. SPB-verkossa topologian muodostava ohjelmalla.
L2	OSI-malli (Open Systems Interconnection Reference Model) Taso 2. Siirtoyhteyshierarkia (esim. Ethernet)
L3	OSI-malli (Open Systems Interconnection Reference Model) Taso 3. Verkkohierarkia (esim. Ip)
LACP	Link Aggregation Control Protocol. Usean yksittäisen linkin yhdistämiseksi käytettävä ohjelmalla, jolla useita linkkejä voi ryhmitellä yhdeksi loogiseksi linkiksi.
LLDP	Link Layer Discovery Protocol. Tunnistusohjelmalla tietoliikennelinkin takana olevan toisen laitteen tunnistamiseen.

Mac-in-Mac	Protokolla (802.1ah). Mac-osoitteilla tehtävä kehystys, jossa asiakkaan L2 mac-osoitteet piilotetaan operaattorin runkoverkon mac-osoitteella.
SAP	Service Access Port. SPB-Palvelun liitäntäportti BEB kytkimissä.
SPB	Shortest Path Bridging. Tietoliikenteen välitystekniikka (802.1aq)
SPB-M	Shortest Path Bridging + Mac-in-Mac tekniikan toteutus
SPB-V	Shortest Path Bridging + Q-in-Q tekniikan toteutus
UNP/UNP-port	Universal Network Profile ja verkkoportti jossa UNP profiileja käytetään. SPB-verkossa dynaamisen palvelun muodostamiseen käytettävä rajapinta verkon päätelaitteille.
VLAN	Virtual Local Area Network. L2 kytkinverkossa määritelty looginen verkkoalue.
Q-in-Q	Protokolla (802.1ad). Vlan tuplakehystys. Esim. Asiakas CVLAN vlan voidaan kehystää toisen vlan headerin sisälle, esim operaattorin, tai runkoverkon välityksessä.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TAVOITTEET JA RAJAUS	2
3	SHORTEST PATH BRIDGING (802.1AQ).....	2
3.1	Control plane (SPB-ISIS).....	3
3.1.1	SPB-ISIS konfiguraatio ja topologia	3
3.2	Data plane (Mac-in-Mac & I-SID).....	5
3.2.1	SPB kehyksen rakenne	5
3.2.2	SPB Service ja SAP port	6
3.3	BCB & BEB kytkimet.....	7
4	RUNKOLINKKIEN VARMENNUS JA LIIKENTEE JAKAMINEN	9
4.1	Reitin valinta	10
4.1.1	Metriikka	10
4.1.2	Hyppyjen lukumäärä	10
4.1.3	Kytken ID.....	10
4.2	Equal-cost reitit ja liikenteen jakautuminen	11
5	VERKON KONFIGUROINTI JA SPB-PALVELUJEN HALLINTA.....	12
5.1	SPB-palvelut, verkonhallinta ja esimerkiverkko	12
5.2	SPB-palvelut ja tuotantoympäristöt	13
6	ESIMERKKIVERKON KUVAUS	15
6.1	Esimerkkiverkon rakenne ja liitännät.....	15
6.1.1	Esimerkkiverkon SAP/UNP-portit	16
6.1.2	Esimerkkiverkon SPB IS-IS-portit	16
6.2	Esimerkkiverkon palvelut	16
7	ESIMERKKIVERKON TOIMINTA JA TARKASTELU	19
7.1	Konfiguraation ja toiminnan tarkastelu.....	19
7.2	Show-komentoja.....	20
7.2.1	Show spb isis adjacency	21
7.2.2	Show spb isis interface	21
7.2.3	Show spb isis services	22
7.2.4	Show service spb manual	22
7.2.5	Show service spb dynamic	22
7.2.6	Show service access	23
7.2.7	Show service access port 1/1/5 sap	23
7.2.8	Show unp user	23
7.2.9	Show spb isis spf bvlan 4001 bmac e8:e7:32:9d:dd:dd.....	24
7.2.10	Mac-ping dst-mac e8:e7:32:9d:dd:dd vlan 4001	24
8	YHTEENVETO JA MAHDOLLISUUDET	25
	LÄHTEET	26

Liite 1	BEB1VC kytkimen konfiguraatio
Liite 2	BEB2 kytkimen konfiguraatio
Liite 3	BEB3 kytkimen konfiguraatio
Liite 4	BEB4 kytkimen konfiguraatio
Liite 5	BEB5 kytkimen konfiguraatio
Liite 6	BCB1VC kytkimen konfiguraatio
Liite 7	BCB2 kytkimen konfiguraatio
Liite 8	BCB3 kytkimen konfiguraatio
Liite 9	BCB4 kytkimen konfiguraatio

1 JOHDANTO

Tietoliikenneverkkojen kapasiteettitarve erityisesti operaattoreiden ja yritysten runko- ja konosaliverkoissa on kasvamassa merkittävästi.

Yritykset joutuvat yhä enemmän panostamaan tietoliikennelinkkien kapasiteetin kasvattamiseen ja olemassa olevien linkkien tehokkaaseen hyödyntämiseen, mutta myös tietoliikenteen häiriöttömän toiminnan varmistamiseen.

Tänä päivänä yhä suurempi osa tietoliikenteestä on luonteeltaan kriittistä ja yhteiskunnan sekä yritysten toiminta on hyvin riippuvaista sähköisten palveluiden ja siten tietoliikenteen toiminnasta.

Samalla myös tietoliikennelaitteiden tekniikka ja yksittäisten tiedonsiirto-linkkien välityskyky on nopeasti kehittynyt sadoista megabiteistä gigabiteihin ja jopa kymmeniin gigabiteihin. Lähivuosina tulevat edelleen yleistymään 40Gbps, 25Gbps, sekä 100Gbps yhteydet ja näillä tekniikoilla toteutetut monikerrat erityisesti konesaleissa ja niiden väleillä.

Yritysten ja operaattoreiden runkoverkoissa edellytetään kasvavan kapasiteetin lisäksi myös yhä parempia tietoturvaominaisuuksia, kuten verkossa välitettävien järjestelmien ja asiakasliikenteen erottelua, kriittisten yhteyksien viiveetöntä kahdennusta ja liikenteen jakamista useille rinnakkaisille yhteyksille ja laitteille. Konesaliverkoissa korostuvat eri tietojärjestelmien suurikapasiteettinen liitettävyyys verkkoon ja konesalien palveluiden fyysinen hajauttaminen, samalla kuitenkin mahdollistaen niiden loogisen yhdistämisen.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä Shortest Path Bridging (SPB) tekniikka vastaa erityisesti konesali- ja yritysverkkojen suurikapasiteettisten linkkien tehokkaan hyödyntämisen, varmentamisen, sekä nopean vikatilanteista toipumisen tarpeeseen. SPB:n avulla voidaan toteuttaa varmistettu, skaalautuva ja nopea tietoliikenneverkko, sekä mahdollistaa verkkoon liitettyjen palveluiden hajauttaminen runkoverkossa. Eri konesaleissa sijaitsevia palveluja voidaan yhdistää toisiinsa siten, että ne ovat samaa L2-aluetta ja toisaalta myös eri palvelut, tai asiakkaat voidaan erottaa toisistaan, vaikkakin ne toimivat samassa verkossa ja ovat maantieteellisesti hajautettuihin.

2 TAVOITTEET JA RAJAUS

Tässä opinnäytetyössä SPB-, sekä Mac-in-Mac (802.1ah) tekniikkaa käsitellään erityisesti runko- ja konesaliverkkojen tietoliikenteen toteuttamisen kannalta.

Yhdessä näistä tekniikoista puhuttaessa käytetään usein termiä SPB-M.

Toinen SPB-kehystystekniikka, jota tässä opinnäytetyössä ei käsitellä on QinQ-tekniikka (802.1ad). Tästä puhuttaessa käytetään yleensä termiä SPB-V.

Tavoitteena on kuvata SPB-M-tekniikan perustoiminta tiiviissä muodossa, sekä konfiguraatioesimerkkien avulla esittää, miten SPB-verkko käytännössä konfiguroidaan.

Tavoitteena on myös esitellä testiverkko, joka hyödyntää SPB-M tekniikkaa tietoliikenteen välityksessä ja havainnollistaa toimintaa esimerkiverkon muodossa.

Kaikki verkkokuvat, konfiguraatiot ja toimintaesimerkit on tehty Alcatel-Lucent Enterprisesin OS6900 ja OS6860E kytkinlaitteilla ja vain tekniikan esittelyä varten toteutettavaksi erillisessä testiympäristössä. Tuotantoympäristöissä toteutukset tulee suunnitella aina ko. ympäristön ja sen tarpeiden ehdoilla. Kaikki konfiguraatiot on tehty uusimmilla kirjoitushetkellä saatavilla olleilla ohjelmistoversioilla. (OS6900 7.3.4.299.R02 ja OS6860E 8.2.1.304.R01)

3 SHORTEST PATH BRIDGING (802.1AQ)

Shortest Path Bridging tekniikkaa tarkasteltaessa on hyvä lähteä liikkeelle erottamalla toisistaan verkon topologian luomiseen, linkkien määrittämiseen ja mm. SPB:n palveluiden jakamiseen tarkoitettu ns. Control plane, sekä itse liikenteen välitykseen ja datan kehystykseen tarkoitettu ns. Data plane.

SPB-verkossa liikenteen välitys ja kehystys (Data plane) perustuu aikaisempaan Ethernet Provider Backbone Bridging (PBB) standardiin ja Control plane perustuu tunnettuun Intermediate system to Intermediate system (IS-IS) reititysprotokollaan.

Yhdessä nämä mekanismit muodostavat SPB-tekniikan (802.1aq) toiminnan ytimen.

Seuraavissa luvuissa on kerrottu tarkemmin Control- ja Data plane, sekä kytkinroolien BCB/BEB toiminnasta. Näiden lukujen jälkeen on kuva (Kuva 1), jossa havainnollistetaan eri toimintoja ja rooleja.

Edellä mainittujen käsitteiden ymmärtämisen jälkeen voidaan syventyä tarkemmin verkon palveluihin (Service/Isid), sekä SPB-topologian muo-

dostumiseen, linkkien valintaan ja tietoliikenteen välitykseen verkossa (BVLAN/Mac-in-Mac), sekä verkon asiakasliitoksiin (SAP/UNP).

3.1 Control plane (SPB-ISIS)

SPB:n Control plane osuudesta vastaa L3-reititysprotokollana tunnettu ISIS. SPB:n tapauksessa protokollasta puhutaan SPB-ISIS protokollana ja se toimii kaikissa SPB-verkon kytkimissä muodostaen verkon topologiakuvan kaikille verkkolaitteille. SPB-ISIS protokollaa laitteisiin konfiguroitaessa ei kuitenkaan määritellä reititystä, tai L3-verkkojen elementtejä perinteisen reititystoteutuksen tapaan, vaan protokolla toimii verkon sisäisesti omassa loogisessa alueessaan (control BVLAN) tuottaen verkon toiminnan älyn, eli ”control planen” koko SPB-verkolle. SPB-ISIS-konfiguraatiosta on esimerkki tämän luvun jälkeen.

SPB-ISIS protokolla siis vastaa esim. siitä, että verkkoon lisätty kytkin näkyy muille kytkimille verkossa, tai siitä, että verkkoon lisätty linkki, uusi palvelu, tai muutos topologian konfiguraatiossa välittyy muille kytkimille.

Control planen ansiosta kuhunkin SPB:n reunakytkimeen (BEB) konfiguroidut palvelut löytävät toisensa SPB-verkon läpi.

On kuitenkin syytä täsmentää, että verkon/palvelun reunalla, SPB-palvelun liitosportteihin (SAP) lisätyt päätelaitteet tunnistetaan verkkoon perinteisen L2/L3-tietoliikenteen keinoin ja BEB-kytkimien liitosportit toimivat tältä osin vastaavasti normaalin L2-kytkinverkon kanssa, eli esim. tarvittaessa ”oppimalla” mac-osoitteita ko. portissa ja siihen määritellyn palvelun sisällä, silloin kun kaikkia palvelun client mac-osoitteita ei vielä FDB-aulussa tunneta.

SPB-verkon palveluita voikin ajatella kuin loogisina tunneleina, tai virtuaalisina verkkoalueina SPB:n sisällä. Nämä palvelut/tunnelit voidaan ulottaa mihin tahansa BEB-kytkimeen ja palveluiden reunaoperteissa (SAP) määritellään mitä ko. palvelun sisään halutaan ottaa. (ALE, SPB-M Deep dive 2015.)

3.1.1 SPB-ISIS konfiguraatio ja topologia

Kunkin verkkolaitteen SPB-ISIS konfiguraatiossa määritellään SPB-verkon yhteiset BVLAN:it (Backbone VLAN) joiden sisällä kaikki verkossa välitettävä liikenne viedään, sekä näille ECT-ID (Equal Cost ID) arvot joita käytetään linkin valinnassa silloin, kun verkossa on kaksi tai useampi samanarvoista reittiä haluttuun kohteeseen.

Muuta jokaisen verkkolaitteen SPB-ISIS konfiguraatiossa pakollista on mm. SPB-runkolinkkien määrittäminen (NNI-portit), sekä SPB:n Control-BVLAN valinta.

Tämä Control-bvlan on se, jonka sisällä myös SPB-ISIS toimii ja joka kaikissa SPB verkoissa vähintään tulee olla.

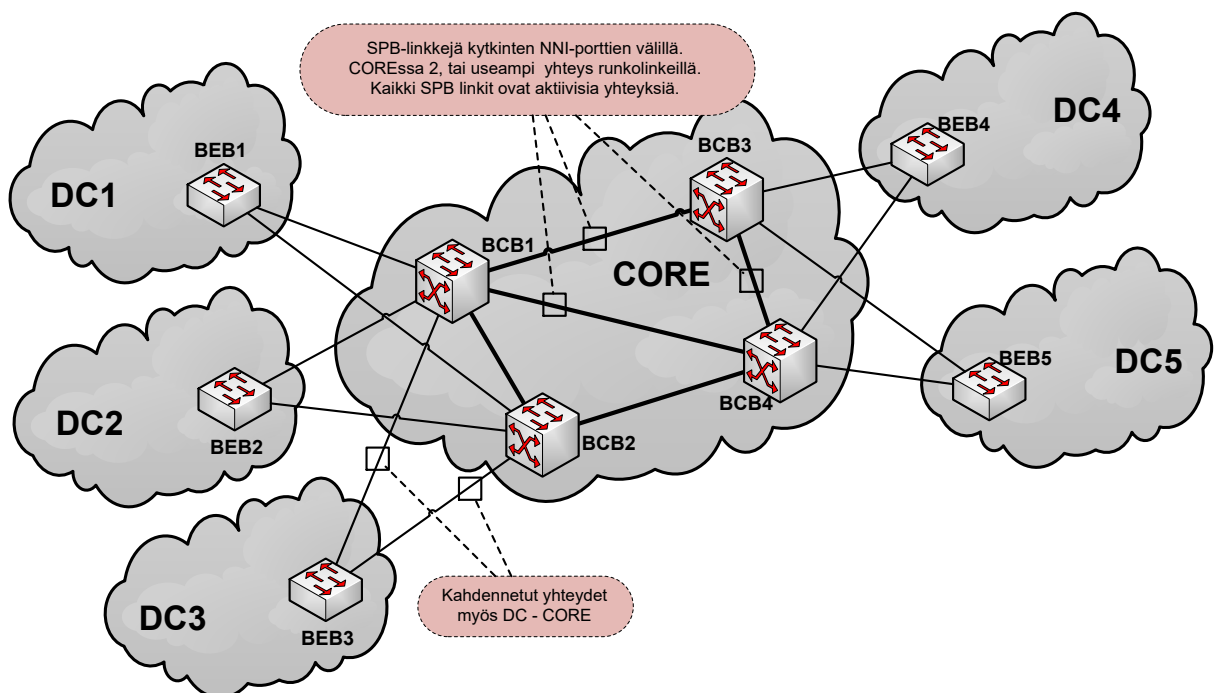
Nämä määrittymiset (pl. NNI porttinumeroiden valinta) tulee olla siis yhteisiä kaikissa SPB-kytkimissä. (ALE, SPB Design guide 2015)

```
spb bvlan 4000 name ControlBvlan
spb bvlan 4001 name Bvlan1
spb bvlan 4002 name Bvlan2
spb bvlan 4003 name Bvlan3
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis control-bvlan 4000
spb isis graceful-restart helper enable
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface linkagg 1
spb isis admin-state enable
```

Seuraavassa kuvassa (Kuva 1) on esitetty tämän opinnäytetyön SPB-esimerkkiverkon perusrakenne. DC:t 1-5, eli Datacenterit/konesalit on yhdistetty kahdennetuilla linkeillä tietoliikenteen runkoon. Tietoliikenteen runko-yhteydet on myös vähintään kahdennettu muihin runkokytkimiin.

BEB – Backbone Edge Bridge on kytkin joihin SPB palvelut konfiguroidaan ja joissa on access rajapinnat palveluihin. (SAP – Service access point.)

BCB – Backbone Core Bridge on kytkin, joka kytkee rungon läpi menevää liikennettä (ns. transit liikenne). Nämä kytkimet eivät tiedä verkon SAP porteista, palveluista, tai client mac-osoitteista mitään. Kytkentä perustuu SPB kytkinten Backbone mac-osoitteisiin (BMAC).



Kuva 1. Esimerkki SPB verkon rakenne (SPB-ISIS topologia)

3.2 Data plane (Mac-in-Mac & I-SID)

SPB-M Data plane osuudesta vastaa Mac-in-Mac (802.1ah) jonka toimesta kaikki runkoverkossa välitettävä SPB-kytkinten välinen liikenne kulkee kehystettynä SPB-rungon BVLAN:eilla, sekä runkokytkimien BMAC- (Backbone MAC) osoitteilla.

Kaikissa BEB-kytkimissä ja niiden (SAP) palveluporteissa sisään otettava liikenne määritellään omiin palveluihinsa (Service) siten, että kukin liikenne pysyy omassa asiakas-, tai tarkemmin sanottuna palvelukohtaisesti segmentoidussa alueessaan. Näitä SPB-palvelujen erottimia kutsutaan I-SID (Integrated Services ID) tunnisteiksi.

Tämän kehystyksen ja SPB:n käyttämän I-SID tunnisteen avulla voidaan siis jo verkon reunalla BEB-kytkimessä sisään otettu liikenne erottaa SPB:n keinoin, eikä sisään otettavia ”asiakas mac-osoitteita” käsitellä kuin ko. palvelun sisällä ja niissä BEB-kytkimissä, joihin kyseinen palvelu on määritelty.

Toisin sanoen, kaikki BEB-kytkimissä sisään otetut mac-osoitteet varustetaan SPB:n ISID ID-tunnisteilla ja BEB-kytkimen mac-aulussa ne esiintyvät ISID+MAC parina. BEB-kytkimeen määritellyt palvelut ja niiden SAP-porteissa sisään otettavat asiakas mac-osoitteet taas kapseloidaan BVLAN:ien sisään ja näitä Backbone VLAN:eita rungossa käytetään kytkemään kehyksiä SPB-kytkimeltä toisella, perustuen kytkimien omiin (BMAC) mac-osoitteisiin. (ALE, SPB-M Deepdive 2015)

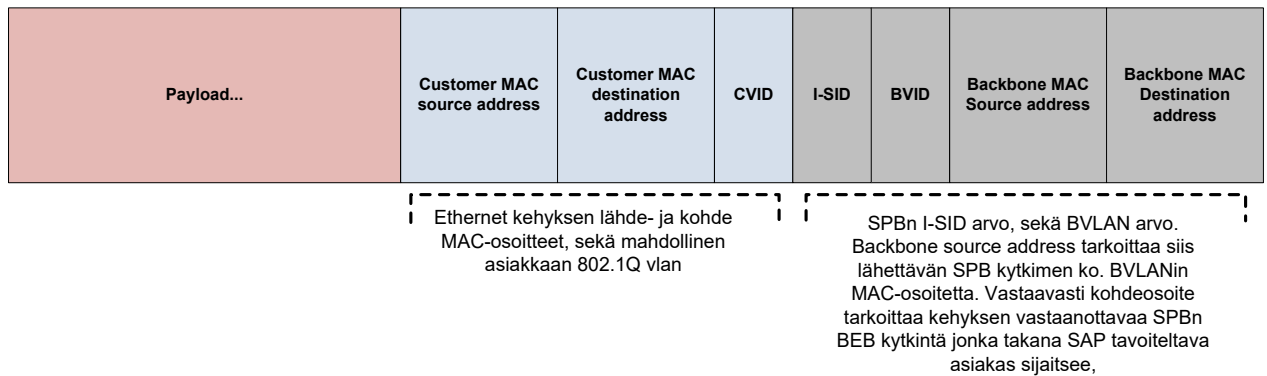
3.2.1 SPB kehyksen rakenne

Seuraavana on havainnollistamisen vuoksi lohkokaaviokuva (Kuva 2) SPB-kehuksesta, josta käy ilmi runkoverkossa välitettävän paketin perusosat ja SPB:n lisäämät otsakkeet (harmaalla).

Kuvasta on jätetty selkeyden vuoksi pois runsaasti yleisen ethernet kehyksen yksityiskohtia ja kokonaan avaamatta hyötykuorman (payload) sisältö (mahdollisine muine kehyksineen). Mutta jos näitä kuvassa harmaalla pohjalla oikealla olevia SPB-otsakkeita tarkastelee, niin näistä ensimmäiset 3 otsaketta Dest.Mac + Src.Mac + Bvid ovat ne, joilla liikenne SPB-rungon BCB-kytkimillä välitetään.

Tästä voi tehdä johtopäätöksen, että periaatteessa mikä tahansa ns. Jumbo-kehyksiä välittävä verkkolaite voisi toimia SPB-verkossa kehyksiä kytkevänä laitteena, joskaan SPB-topologiaan se ei tällöin osallistuisi.

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)



Kuva 2. SPB-M tietoliikennepaketin rakenne

3.2.2 SPB Service ja SAP port

Alla olevassa esimerkissä ensimmäisellä rivillä luodaan ensin uusi SAP-portti (1/1/1) ja sen jälkeen toisella rivillä luodaan uusi palvelu (SPB service). Tälle servicelle määritellään I-SID arvo (1000), sekä se osoitetaan haluttuun BVLAN:iin (4001). Lopuksi kolmannella rivillä tämä uusi service määritellään ensiksi luotuun SAP-porttiin ja valitaan serviceen sisään otettava tagged (802.1q) liikenne (Vlan 5).

```
service access port 1/1/1
service 1000 spb isid 1000 bvlan 4001 admin-state enable
service 1000 spb sap port 1/1/1:5 admin-state enable stats enable
```

SAP-porteissa voidaan sisään otettavaksi määrittää jokin tietty 802.1q tagged VLAN, tai kokonaan kehystämätön ns. "Untagged-liikenne", tai ns. "tuplatagatty" QinQ- (802.1ad) liikenne tai sitten voidaan määritellä "All", mikä tarkoittaa kaikkea liikennettä sellaisenaan, esim. useita VLAN:ejä, sekä samanaikaisesti myös Untagged-liikennettä.

Tulee huomioida, että SAP-portissa määritelty vastaanotettava (ingress) liikenne siirtyy siis sellaisenaan SPB-M kehystyksen sisään, joten vastaanottavassa päässä liitetyn asiakaslaitteen tulee myös hyväksyä kehykset sellaisenaan ulos (egress). Eli esim. VLAN Tagged, tai Untagged muodossa.

Mikäli vastapään SAP-portti tarvitseekin määritellä eri tavoin, eli halutaan esim. yhdistää SPB-verkon yli laitteet, joka toisessa päässä taggaa (802.1q) liikenteen ja toisessa päässä laite, joka ei mahdollista vlan-tagin käyttämistä, niin tällöin voidaan SPB-verkon rajapinnassa käyttää vlan-translation toimintoa.

Vlan-translation toiminnon avulla SPB-kytkin muokkaa paketin kyseiseen SAP-porttiin määritetyllä tavalla, myös egress suunnassa. Eli toisen pään portti voi olla kuten edellisessä esimerkissä varustettu 802.1q tag 5 ja toisessa päässä (verkon toisella puolella olevassa kytkimessä) voi olla portti joka määritetty:

```
service 1000 spb sap port 1/1/1:0 admin-state enable stats enable
```

Tällöin käyttämällä vlan-translation toimintoa molempien päiden BEB-kytkimissä, voidaan toteuttaa liikenne näiden välille niin, että portista egress suunnassa tuleva paketti on muokattu SAP-porttiin asetetulla tavalla.

Esimerkki kahden kytkimen SAP-porttien määrittelystä vlan-translation toiminnolla.

BEB kytkin #1

```
service access port 1/1/1 vlan-xlation enable
service 1000 spb isid 1000 bvlan 4001 vlan-xlation enable
service 1000 spb sap 1/1/1:5
```

BEB kytkin #2

```
service access port 1/1/1 vlan-xlation enable
service 1000 spb isid 1000 bvlan 4001 vlan-xlation enable
service 1000 spb sap 1/1/1:0
```

3.3 BCB & BEB kytkimet

Kuten aiemmin mainittu, SPB-verkon kytkimet jakaantuvat kahteen rooliin. Verkon keskellä liikennettä välittävät BCB- (Backbone Core Bridge) kytkimet, joiden tarkoitus on vain kytkeä verkon reunalla kehystettyjä SPB-M kehyksiä eteenpäin, eivätkä nämä kytkimet osallistu verkon reunalla tehtyyn liikenteen välityspäätökseen, tai verkkoon liitettyjen laitteiden mac-osoitteiden oppimiseen.

Verkon reunalla sijaitsevat BEB- (Backbone Edge Bridge) kytkimet, joihin määritellään kaikki access-rajapinnat verkkoon ja jotka tekevät käytännössä kaiken liikenteen välittämiseen liittyvän päätöksen. SPB-verkossa liikenteen välityspäätöksiä ei tehdä hyppy kerrallaan, kuten reitityksessä, tai esim. MPLS-verkoissa yleisesti, vaan valittu reitti valitaan BEB-kytkimessä ja se toteutuu koko kyseisen palvelun päätelaitteiden väliselle liikenteelle symmetrisesti samana molempiin suuntiin. Liikenteen kytkentäreitti verkossa on myös sama, sekä unicast-, että multicast-liikenteelle. Reititin valintaan ja liikenteen jakautumiseen verkossa palataan tarkemmin myöhemmin.

BCB- ja BEB-roolien voi kuitenkin sanoa olevan vain nimellisiä rooleja. Jos BCB-kytkimeen tekee yhdenkin SAP-portin, siitä tulee BEB-kytkin. Toiminnallinen ero on kuitenkin merkittävä ja syytä ymmärtää. On myös hyvä huomata, ettei SPB-verkossa välttämättä lainkaan tarvita muita kuin BEB-kytkimiä. Käytännössä siis aina silloin, kun kaikissa kytkimissä on edes jokin SAP-portti, voidaan sanoa, ettei BCB-kytkimiä ole lainkaan. Jokaisen BEB-kytkimen taas voisi ajatella olevan ”asiakasrajapinnan laite”, vain niille palveluille, joita siihen on määritelty.

BEB ei siis sekään ole, kuten normaali kytkentäisen verkon VLAN:eita sisältävä (usein kaikki) ja päätelaitteiden mac-osoitteet opetteleva kytkinlai-

te, vaan ainoastaan niiden palveluiden asiakasrajapinnan tarjoaja joiden SPB-servicet ja SAP-portit siihen on konfiguroitu. SPB-verkon runkoliikennettä (transit-liikenne) toki kaikki kytkimet välittävät, silloin kun lyhin reitti kohteeseen niiden kautta kulkee, mutta tämä välitys on juuri sitä BMAC-osoitteilla tehtävää SPB-kehysten kytkentää, jota koko verkko suorittaa. (ALE, SPB Design guide 2015.)

BEB-kytkimien access-rajapintoja määriteltäessä on paljon asioita, joita on syytä ottaa huomioon, kuten mitä ja miten kehystettyä liikennettä palveluun otetaan sisään? VLAN-translation tarve? Onko liikenne luotettua missä määrin? Tuleeko liikennettä rajoittaa, myös muuten kuin rajapinnan porttinopeudella? Broadcast, multicast, unknown-unicast rajoittimet? SPB-servicen multicast mode?

Näihin asioihin liittyen on useita konfiguroitavia vaihtoehtoja, joihin voidaan SAP-liityntärajapinnan asetuksilla ja valintoja tekemällä vaikuttaa, mutta SPB:n kytkentäisen verkon sisällä ei välttämättä enää paljoakaan ole tehtävissä. Osa näistä asioista ei sinänsä liity SPB-verkon toimintaan, mutta niiden huomioiminen voi korostua entisestään yhdistettäessä muita L2-verkkotopologioita SPB-verkon välityksellä.

Tässä muutamia esimerkkejä.

- Mitä liikennettä palveluun otetaan sisään?

On syytä tietää, miten sisään otettava liikenne on kehystetty ja mitä muita osapuolia palveluun liittyy. Tarvitaanko esim. VLAN-translation toimintoja, tai onko tarpeen rajoittaa joitain L2-protokollia SAP-liitynnässä. Esimerkiksi Spanning-tree, LLDP-, tai LACP-protokollan läpimeno SPB ”tunnelin” läpi verkon toiselle puolelle. SPB-verkko on usein täysin läpinäkyvä siihen liittyville laitteilla ja tällaisilla L2-protokollilla voi olla yllättävä vaikutus asiakasverkolle SPB ”tunnelin” toisella puolella.

- Luotetaanko liikenteeseen missä määrin?

Esim. jos halutaan toteuttaa QOS-toimintoja (Quality of service) joissa päätelaitteet itse merkkäavat liikenteen, niin SAP-portissa sisään tulevaan merkkiin on toki pakko luottaa. Tällaisissa tapauksissa puhutaan kuitenkin yleensä yrityksen oman SPB-verkon rajapinnasta, tai sitten rajapinnan liitântä on muutoin hyvin rajattu, sillä operaattorin roolissa olisi hyvin uskaliaasta luottaa asiakkaan itse tekemään merkintään ja toteuttaa QOS-määrittelyä SPB-runkoon sen pohjalle. Asiakkaan merkintään luottaminen voi olla erittäin haitallista minkä tahansa muunkin runkoverkon sisäiselle toiminnalle, riippumatta käytetystä tekniikasta. Periaate tulisikin olla, ettei ulkopuolisen tekemään merkintään tule luottaa, vaan merkintä on syytä tehdä itse. Toinen esimerkki voisi olla tapaus, jossa SPB-access rajapinnassa käytetään dynaamista palvelun muodostamista UNP-porttien avulla (User Network Profile). Tällä tavoin voidaan access portissa tunnistaa sisään tuleva liikenne (esim. mac-osoite,

tai vlan id) ja muodostaa dynaamisesti SPB-verkon palvelu tälle liikenteelle. Jos dynaamisia sääntöjä on kuitenkin useita, niin tällaiset rajapinnat voi muodostua vaarallisiksi, niiden mahdollistaessa pääsyn johonkin toiseen palveluun. Tällaisessa tapauksessa UNP-rajapintaakin toki voidaan edelleen rajoittaa esim. access-listojen tyypillisillä policy filttereiden avulla.

- Tuleeko liikennettä rajoittaa myös muuten kuin rajapinnan porttinopeudella? Broadcast, multicast, unknown-unicast rajoittimet?

QOS-polisoinnin avulla voidaan tehdä paitsi liikenteen merkkausta, priorisointia ja ruuhkatilanteissa liikenteen jonotuksen sääntöjä, niin myös rajoittimia välitettävän liikenteen määrälle. Esim. 10Gbps access-liitynnässä voidaan määrittää, että jokin tietyn lähteosoitteen, tai verkon liikenne saa vain vähän kapasiteettia, muun liikenteen samalla ollessa rajaamatonta. Tällaisissa määrittelyissä on erittäin runsaasti vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia toteuttaa haluttuja yhdistelmiä. Liikenteen rajaamisessa yleisesti käytetään CIR (Committed Information Rate), PIR (Peak Information Rate) ja näiden purske koko (burst size) määrittelyjä, mutta tämä osuus menee tämän dokumentin ulkopuolelle.

SPB-verkon kannalta on tärkeää ymmärtää, että nämä, kuten erilaiset liikennetyyppien limitterit ovat kuitenkin asioita, joita tulee arvioida palvelujen access-liitynnöissä, sillä runkoverkon sisällä niihin vaikuttaminen on hankalaa ja niiden vaikutus voi olla merkittävä myös SPB-verkolle itselleen.

4 RUNKOLINKKIEN VARMENNUS JA LIIKENTEEN JAKAMINEN

SPB-verkossa liikennettä voidaan jakaa useille yhtäaikaistilille linkeille.

Itse asiassa, jos verkkoon lisätään uusia linkkejä, niin ne tulevat automaattisesti käyttöön kaikille niille yhteyksille, joilla ne tarjoavat ”suoremman” väylän kohteeseen. Liikenteen jakautuminen ja varmentavien yhteyksien käyttö ovat siis automaattista, mutta tähän liittyy kuitenkin joukko asioita, jotka on hyvä ymmärtää, erityisesti jos verkon eri linkit ovatkin kapasiteettiltaan, luotettavuudeltaan, tai muilta ominaisuuksiltaan eriarvoisia.

Jos käytössä on vain yksi BVLAN ja verkon kaikki palvelut konfiguroidaan sen sisälle, niin tällöin palvelujen (SPB service) päätepisteet tavoittavat toisensa kyllä lyhimmän hypyn periaatteella, mutta mikäli samanarvoisia polkuja kohteiden välillä onkin useampi, niin voi seurata tilanne, että liikenne ei jakaudu riittävästi verkossa. SPB-verkossa kunkin BEB-kytkimen välillä topologia kuitenkin valitsee aina vain yhden symmetrisen ja BVLAN kohtaisen polun, joka ko. BEB-kytkinten välillä käyttöön otetaan.

4.1 Reitin valinta

Jos katsotaan aiempaa kuvaa SPB-esimerkkiverkon topologiasta (Sivu 4. Kuva 1. Esimerkki SPB-verkon rakenne), niin tässä topologiassa kaikista konesaleista on kahdennettu yhteys runkoon ja rungossa edelleen on vähintään kaksi, tai useampi yhteys BCB-kytkinten välillä. Kaikki nämä linkit ovat siis automaattisesti käytössä, mutta vain se liikenne jolle ko. reitti tarjoaa suuremman yhteyden [lähde BEB] --- [kohde BEB], menee oikeasti tälle reitille.

Tässä kuvassa esim. DC3 – DC5 välillä on 2 yhtä lyhyttä reittiä, jotka kumpikin tarjoavat 3kpl linkin ja 4kpl kytkimen välityksellä yhteyden salien välillä.

1. BEB3 – BCB2 – BCB4 – BEB5
2. BEB3 – BCB1 – BCB4 – BEB5

Kuvan linkeille ei ole määritelty toisistaan eroavia nopeuksia, tai muitakaan tekijöitä, joten voidaan olettaa niiden olevan keskenään samanarvoisia.

SPB-verkossa reitin valinta perustuu kolmeen tekijään:

1. Reitin metriikka.
2. Hyppyjen lukumäärä
3. Kytkimien ID

4.1.1 Metriikka

Oletuksena jokaisen SPB-ISIS-linkin metriikka on 10.

Tämä on aina sama riippumatta linkin nopeudesta, tyypistä tms. tekijöistä. Metriikan voi itse määritellä ja jos se kummassakaan yhteyden päässä olevista kytkimistä on määritelty, niin korkeampaa asetettua arvoa käytetään koko linkin metriikkana.

4.1.2 Hyppyjen lukumäärä

Tällä tarkoitetaan reitin varrella olevien kytkinten yhteismäärää. Esim. edellä mainitulla (DC3 – DC5) välillä molempien reittien ”hop count” on yhteensä neljä (4). Hyppyjen lukumäärää ei ohjelmallisesti konfiguroiden voi kasvattaa, mutta tulee huomata, että mikäli tämä eroaa siinä missä metriikkakin, niin equal-cost tilannetta ei synny.

4.1.3 Kytkimen ID

Jokaisella SPB-kytkimellä on oma ID. Tämä ns. BridgeID, koostuu edelleen kytkimen systemID:stä (= System Base-mac-address), sekä kytkimen prioriteettiarvosta. Jokaisella SPB-kytkimellä on siis numeerinen prioriteetti, joka oletuksena on 32768. Tämä prioriteti taas voidaan haluttaessa käsin muuttaa ja näin vaikuttaa BridgeID arvoon manuaalisesti. Tätä kyt-

kimen ID arvoa (= Base mac + priority) siis käytetään reitin valinnassa kolmantena tekijänä.

4.2 Equal-cost reitit ja liikenteen jakautuminen

Mikäli reitin metriikka, sekä hyppyjen lukumäärä johtavat samaan lopputulokseen (3*10 metriikka + 4 hyppyä), eikä myöskään kytkinten prioriteetteja ole muutettu, niin tällöin puhutaan ECMP- (Equal Cost Multi Path) tilanteesta ja tarvitaan jokin mekanismi reitin valintaan.

SPB:ssä tämä mekanismi tulee runkovlanien (BVLAN) ECT-ID (Equal Cost ID) numeerisista arvoista.

Jokaisella BVLAN:illa on oma ECT-ID arvo (1-16) ja tämä arvo asettaa maskin olemassa olevien "equal-cost-reittien" BridgeID-arvoja vasten.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ECT-ID 1 arvolla valitaan ko., equal-cost vaihtoehtoilta se reitti, jolla BridgeID arvot ovat yhteensä reitillä pienempiä. ECT-ID 2 taas tekee juuri päinvastoin, tässä siis valitaan se reitti, jolla BridgeID arvot ovat yhteensä suurempia.

Näin ollen esim. BVLANit 4001 (jolla ECT-ID 1) ja BVLAN 4002 (jolla ECT-ID 2) päätyvät eri reiteille ECMP- (Equal Cost MultiPath) tilanteessa.

Muut ECT-ID arvot päätyvät saman ajatuksen mukaisesti ja omien numeeristen arvojensa ja niiden tuottaman maskin määrittämänä eri poluille verkossa, aina toki riippuen mm. yhtäaikaisten polkujen lukumäärästä suhteessa käytössä olevien BVLAN:ien ja siten ECT-ID arvojen määrään.

Polun valinnassa siis käytetään BridgeID-arvoa ja ECT-ID arvon tuottamaa maskia ja XOR-toimenpiteellä tuotetaan laskennan lopputulos ja näin polun valinta. Polun selvittämiseen näiden arvojen perusteella on myös käytettävissä erillisiä työkaluja, joilla polun valintaa voi ennalta laskea, esim. verkkoa suunniteltaessa. (ietf.org, 2011.)

Seuraavassa taulukko (Taulukko 1) BVLAN- ja ECT-ID-arvoista, sekä niitä vastaavista maskeista.

Taulukko 1. ECT-ID, ECT-MASK ja BVLAN

ECT-ID	MASK	BVLAN
1	0x00	4001
2	0xFF	4002
3	0x88	4003
4	0x77	4004
5	0x44	4005
6	0x33	4006
7	0xCC	4007
8	0xBB	4008
9	0x22	4009
10	0x11	4010
11	0x66	4011
12	0x55	4012
13	0xAA	4013
14	0x99	4014
15	0xDD	4015
16	0xEE	4016

5 VERKON KONFIGUROINTI JA SPB-PALVELUJEN HALLINTA

Tietoliikenneverkkojen aktiivilaitteiden hallintaan on yleisesti käytössä kaksi hallintatapaa jotka mahdollistavat valtaosan, tai kaikkien konfigurointi toimenpiteiden suorittamisen.

Nämä hallintatavat ovat CLI, komentorivipohjainen hallinta, joko etäisesti (esim. ssh), tai paikallisesti konsoliyhteydellä, sekä SNMP- (Simple Network Management Protocol) pohjaiset verkonhallintatyökalut.

Yhä useammin myös selainpohjaiset, kytkinten omat hallintatyökalut ovat kehittyneet hyviksi vaihtoehtoiksi joihinkin tilanteisiin, mutta tehtäessä muutoksia nopeasti, tai suuria määriä kerralla, niin perinteiset CLI/SNMP-hallintamenetelmät ovat usein parhaimpia.

Komentoriviltä tehtäessä muutosten vaikutus on usein nopein havaita ja muutosten voimaan astuminen voidaan myös parhaiten todentaa. SNMP-hallintatyökaluilla taas verkon palvelujen provisiointi ja suurien määrien hallinta voi olla tehokkainta, sekä muutosten logitus ja konfiguraatioiden järjestelmällinen toteutustapa on usein selkein toteuttaa.

5.1 SPB-palvelut, verkonhallinta ja esimerkkiverkko

SPB-verkon hallinnassa juuri palvelujen provisiointi on se, joka voi tuottaa hankaluuksia joissain tapauksissa. Verkkolaitteista näkee kyllä kaikki pal-

velut ja niistä verkkolaitteista joissa ko. palvelut ovat määriteltyjä voidaan myös helposti löytää muut palveluun kuuluvat verkon jäsenet.

Palvelujen hallintaan on kuitenkin olemassa myös graafisia työkaluja, joiden avulla voidaan visualisoida verkon palveluja linkkeinä ja väreinä topologiakartoilla. Myös palvelujen taulukointi ja niitä koskevien tietojen kuvaaminen voi olla kätevintä toteuttaa hallintatyökaluilla/-järjestelmillä.

Tässä opinnäytetyössä ja sen esimerkkiverkon konfiguroinnissa käytetään kuitenkin vain CLI-pohjaista määrittelyä, joten kaikki konfiguraatioesimerkit ovat komentorivipohjaiseen määrittelyyn tarkoitettuja.

Kaikissa esimerkkiverkon kytkimissä on hallintaan tarkoitettu erillinen EMP-hallintaportti (External Management Port, RJ45), jonka avulla saadaan ip-pohjainen hallintayhteys laitteisiin. Tämän lisäksi kaikissa kytkimissä on konsoliportti paikallista konfigurointia varten.

Esimerkkiverkossa on käsin konfiguroituja ns. manuaalisia palveluja määritelty vain muutamia toiminnan havainnollistamiseksi, eikä näiden numerointiin, nimeämiseen tai kuvaustekstien kirjaamiseen ole kiinnitetty erityistä huomiota.

Manuaalisten palvelujen ja niiden SAP-porttien lisäksi on jokaiseen kone-salikytkimeen (BEB1-5) määritelty yksi dynaaminen UNP-portti, jonka avulla voidaan tässä esimerkissä automaattisesti luoda dynaaminen SPB-palvelu.

Nämä dynaamiset (UNP) palvelut luodaan siis ennalta määritetyn konfiguraation avulla, jossa kerrotaan sisään tulevan VLAN-tagin perusteella tehtävä SPB-palvelun määrittely. Tässä esimerkkiverkossa nähdään yksi päätelaitetta kussakin BEB-kytkimessä, joiden UNP-porttiin syöttämän liikenteen ja tämän liikenteen VLAN-tagien perusteella palvelut on automaattisesti SPB-verkkoon syntynyt.

Kappaleessa 6 on kuvaus (Kuva 3) esimerkkiverkon rakenteesta ja verkko-liittynnöistä.

5.2 SPB-palvelut ja tuotantoympäristöt

SPB-kytkimen konfiguraatiossa kaikki palvelut (SPB-servicet) kuvataan numeroin (1 - 32767), sekä tämän lisäksi määritellään kullekin palvelulle yksilöllinen I-SID numero (256 - 16777214) joilla palvelu identifioidaan SPB-M verkossa. Nämä palvelut vielä määritellään kuuluviksi johonkin SPB-rungon 16kpl BVLAN:iin (1 - 16).

Esimerkki. Service konfiguraatiorivi.

```
service 1000 spb isid 1000 bvlan 4001 admin-state enable
```

Kullakin palvelulla on siis konfiguraatiossa kolme numeerista arvoa yhdellä rivillä. Näiden palveluiden numerointiin on tuotantoympäristössä

tärkeää tehdä suunnitelma ja numerointi on riittävällä tasolla syytä olla dokumentoituna ja seurattavissa, jotta verkko on ylläpidettävissä ja uusia palveluja voidaan jatkossakin perustaa ilman kasvavaa ylläpidollista taakkaa numeroinnista.

Mikäli dynaamisesti luotavia palveluita (UNP) ja manuaalisesti luotavia palveluita (Service/SAP) halutaan yhdistää siten, että UNP-porttiin liittyvä laite voi saavuttaa esim. toisella puolen verkkoa manuaalisesti määritellyn SAP-porttiin liitetyn laitteen, niin tämä palvelujen numerointi on syytä vakioida jo hyvissä ajoin verkkoa suunniteltaessa ja toteuttaa UNP dynaamiset policyt tämän suunnitelman mukaisesti. UNP-policyt siis konfiguroidaan kytkimiin ennalta ja ne tulevat käyttöön vain sitä mukaa, kun UNP-määriteltyihin portteihin (=policyyn) osuvaa liikennettä kohdistuu.

Esimerkki. UNP-palvelun konfiguraatorivit.

```
unp spb-profile service1000 tag-value 1000 isid 1000 bvlan
4001
```

```
unp classification vlan-tag 1000 tag-position inner spb-
profile service1000
```

Näiden UNP-palvelun konfiguraatorivien lisäksi tarvitsee määritellä asiakasliitynnät, eli UNP-portit, kuten manuaalisten palvelujen SAP-porttien kohdallakin.

Esimerkki. UNP-portin konfiguraatorivit

```
unp port n/n/n port-type spb-access
unp port n/n/n classification enable
unp port n/n/n trust-tag enable
unp port n/n/n default-spb-profile default
```

6 ESIMERKKIVERKON KUVAUS

Tässä esimerkkiverkossa (Kuva 3) kaikki BCB-kytkimet ovat Alcatel Enterprisesin OS6900-X20 sarjaa ja BEB-kytkimet ovat OS6860E-24 sarjaa. Kaikissa laitteissa on advanced routing lisenssi.

Yksi BEB-virtual chassis (BEB1), sekä yksi BCB-virtual chassis (BCB1) on tehty kahdella fyysisesti erillisellä kytkimellä virtual chassis-tekniikan avulla. Tällaista toteutusta kutsutaan virtual chassis (VC) klusteriksi ja sillä on mahdollista max. 6kpl erillisiä kytkimiä yhdistää yhdeksi hallittavaksi kokonaisuudeksi.

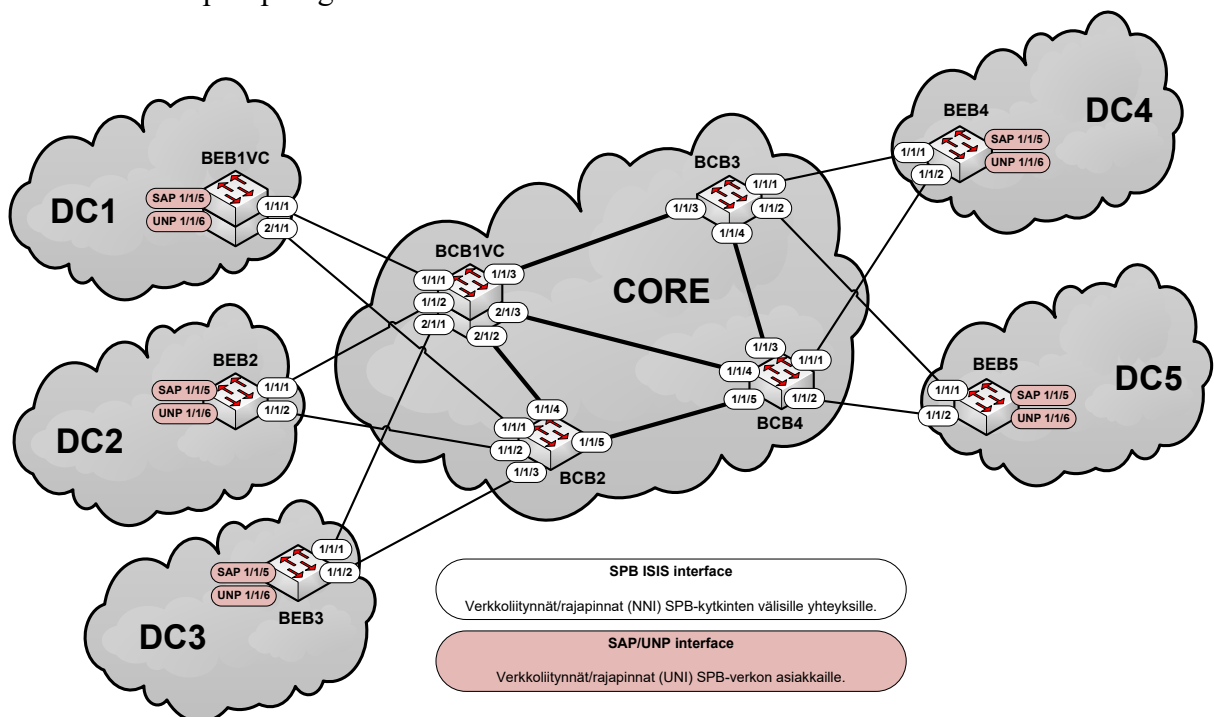
Virtual chassis-klusterointi mahdollistaa mm. vikasietoisuutta laiterikkoihin, päivityksiin, tai kapasiteetin myöhempään kasvattamisen ilman erillisen ”hypyn” tuottamista SPB-topologiaan.

Esimerkkiverkon kaikki muut BEB-kytkimet (BEB2-5) ja BCB-kytkimet (BCB2-4) ovat yksittäisiä kytkimiä.

Virtual chassis toteutus on tässä vain esimerkin ja havainnollistamisen vuoksi, eikä sillä muutoin ole vaikutusta SPB-verkon toteutukseen, tai konfigurointiin.

6.1 Esimerkkiverkon rakenne ja liitännät

Kuvattuna (Kuva 3) interface numerointi, roolit ja esimerkkiverkon tarkempi topologia.



Kuva 3. Esimerkki SPB-verkon liitännät (SAP/UNP ja SPB-ISIS portit).

Jokaisessa BEB-kytkimessä on sekä SAP, että UNP-liitäntä ja SPB IS-IS-liitännät muuhun runkoon päin.

6.1.1 Esimerkkiverkon SAP/UNP-portit

Porttinumerointi kaikissa SAP/UNP-liitännöissä on sama, jolloin myös konfiguraatio BEB-kytkimissä on näiden osalta yhtenevä.

```
service access port 1/1/5
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile default
```

6.1.2 Esimerkkiverkon SPB IS-IS-portit

BEB-kytkimien osalta SPB IS-IS-portit on numeroitu samoin (kytkimien ensimmäiset portit), pl. BEB1 jossa virtual-chassis toteutus, mutta BCB-kytkimissä numerointi vaihtelee hieman myös käytössä olevien runkolinkkien mukaisesti.

BEB1

```
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 2/1/1
```

BEB2-5

```
spb isis interface port 1/1/1-2
```

BCB1

```
spb isis interface port 1/1/1-3
spb isis interface port 2/1/1-3
```

BCB2-3

```
spb isis interface port 1/1/1-5
```

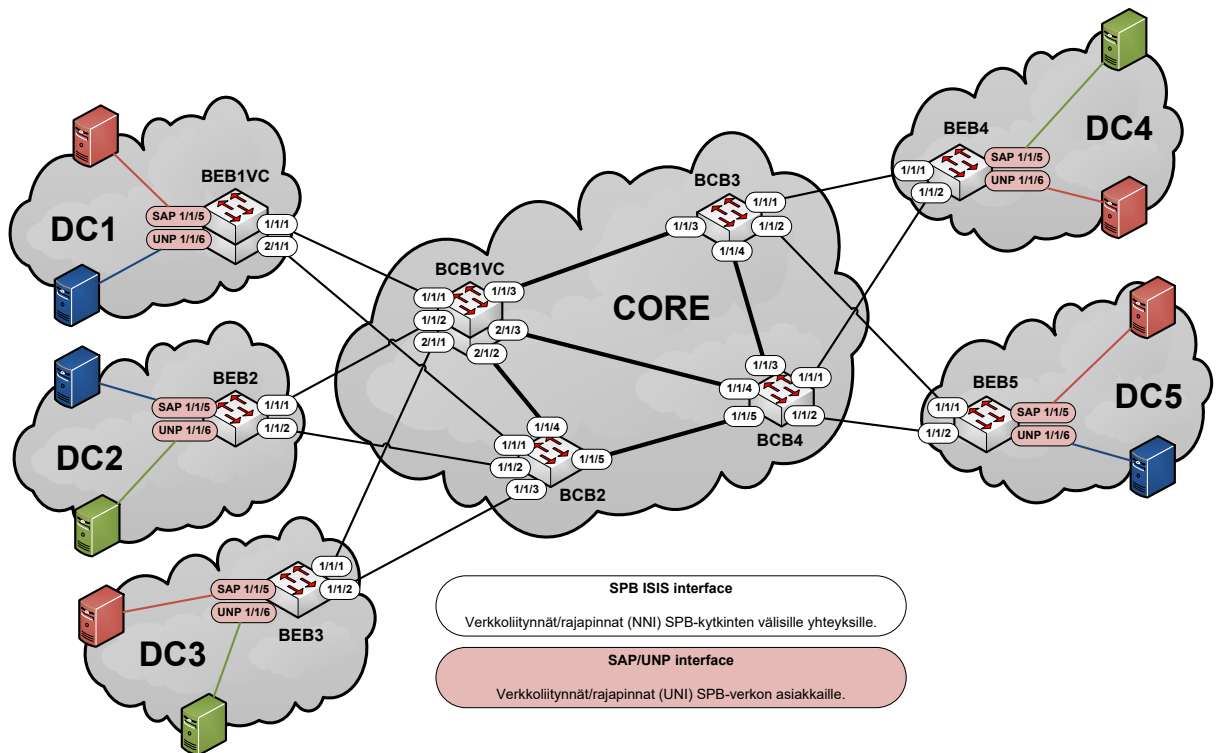
BCB4

```
spb isis interface port 1/1/1-4
```

6.2 Esimerkkiverkon palvelut

Tässä esimerkissä on kuvattuna muutamia SPB-palveluita ja niihin liittyviä päätelaitteita. Kuvassa päätelaitteet (Kuva 4), jotka tavoittavat toisensa verkon yli, on merkitty väreillä.

Käsin määritellyt ja kytkinkohtaiset palvelut käyvät ilmi luvun lopussa olevasta BEB-kohtaisesta konfiguraatiosta, kun taas UNP-konfiguraatio on kaikissa laitteissa sama. UNP-palvelut aktivoituvat päätelaitteelta tulevan VLAN-kehyksen perusteella, eikä tätä tarvitse kytkimissä porttikohdaisesti konfiguroida.



Kuva 4. Esimerkki SPB verkon päätelaitteet (SAP/UNP porteissa).

Yllä olevan kuvan esimerkissä kuhunkin SAP/UNP-porttiin on liitetty vain yksi fyysinen laite ja sen yksi ip-aliverkko, jossa laite sijaitsee. Laitteen aliverkkoa kuvataan tässä värillä. Esimerkissä punainen verkko käyttää liikenteen välityksessä SAP-portin suuntaan vlan tagia 5, sininen laite/verkko käyttää vlangia 6 ja vihreä vlangia 7.

Normaalisti sisään tulevaa liikennettä voi yhdessä SAP-portissa kuitenkin tulla useita erilaisia, esim. useita VLAN-, tai QinQ-kehystettyjä ja näitä voidaan edelleen ottaa yhden, tai useamman SPB-palvelun sisään tarpeen mukaisesti.

Liitettävät laitteet voivat siis olla esim. muita verkkolaitteita, tai virtuaali-palvelimia tarjoavia palvelinalustoja.

DC1

```
service access port 1/1/5
service 555 spb isid 555 bvlan 4001 admin-state enable
service 555 spb sap port 1/1/5:5 admin-state enable stats
enable
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile default
unp spb-profile srv-red tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile srv-blue tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile srv-green tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
```


SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-  
profile srv-red  
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-  
profile srv-blue  
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-  
profile srv-green
```

DC2

```
service access port 1/1/5  
service 666 spb isid 666 bvlan 4002 admin-state enable  
service 666 spb sap port 1/1/5:6 admin-state enable stats  
enable  
unp port 1/1/6 port-type spb-access  
unp port 1/1/6 classification enable  
unp port 1/1/6 trust-tag enable  
unp port 1/1/6 default-spb-profile default  
unp spb-profile srv-red tag-value 5 isid 555 bvlan 4001  
unp spb-profile srv-blue tag-value 6 isid 666 bvlan 4002  
unp spb-profile srv-green tag-value 7 isid 777 bvlan 4003  
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-  
profile srv-red  
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-  
profile srv-blue  
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-  
profile srv-green
```

DC3

```
service access port 1/1/5  
service 555 spb isid 555 bvlan 4001 admin-state enable  
service 555 spb sap port 1/1/5:5 admin-state enable stats  
enable  
unp port 1/1/6 port-type spb-access  
unp port 1/1/6 classification enable  
unp port 1/1/6 trust-tag enable  
unp port 1/1/6 default-spb-profile default  
unp spb-profile srv-red tag-value 5 isid 555 bvlan 4001  
unp spb-profile srv-blue tag-value 6 isid 666 bvlan 4002  
unp spb-profile srv-green tag-value 7 isid 777 bvlan 4003  
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-  
profile srv-red  
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-  
profile srv-blue  
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-  
profile srv-green
```

DC4

```
service access port 1/1/5  
service 777 spb isid 777 bvlan 4003 admin-state enable  
service 777 spb sap port 1/1/5:7 admin-state enable stats  
enable  
unp port 1/1/6 port-type spb-access  
unp port 1/1/6 classification enable  
unp port 1/1/6 trust-tag enable  
unp port 1/1/6 default-spb-profile default  
unp spb-profile srv-red tag-value 5 isid 555 bvlan 4001  
unp spb-profile srv-blue tag-value 6 isid 666 bvlan 4002  
unp spb-profile srv-green tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
```

```

unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile srv-red
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile srv-blue
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile srv-green

```

DC5

```

service access port 1/1/5
service 555 spb isid 555 bvlan 4001 admin-state enable
service 555 spb sap port 1/1/5:5 admin-state enable stats
enable
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile default
unp spb-profile srv-red tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile srv-blue tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile srv-green tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile srv-red
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile srv-blue
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile srv-green

```

7 ESIMERKKIVERKON TOIMINTA JA TARKASTELU

SPB-verkon BEB-kytkimessä, on useita koko verkon ja sen palveluiden tarkasteluun liittyviä komentoja, joilla verkon toimintaa ja palveluita voidaan tutkia ja selvittää. BCB-kytkimissä ei näkymää palvelujen sisään ole, mutta SPB-topologian osalta komennot ovat samoja ja esim. SPB-linkkien, tai IS-IS naapuruuksien toiminnan tarkastelu tehdään samoin.

SPB:hen liittyvien komentojen lisäksi, verkon ylläpitäjän on hyvä tuntee yleisesti verkkolaitteiden vianselvitykseen liittyviä perusasioita ja näiden CLI-komentoja. Perusasiat kuten porttien tilan tarkastelu, liikenteen määrän ja porttien statistiikan, sekä laitteen logituksen, tai virtual chassisen toiminnan selvittäminen on syytä harjoitella hyvin, jotta tuotantoympäristöissä toimiminen on tehokasta.

Tässä luvussa käydään läpi show-komentoja esimerkkiverkkoon, Alcatel Enterprisen kytkimiin, ja erityisesti SPB:n toimintaan liittyen.

7.1 Konfiguraation ja toiminnan tarkastelu

Useimmissa Alcatel Enterprise kytkimissä on linuxiin pohjautuva käyttöjärjestelmä, joten niissä on käytettävissä myös monia linuxista tuttuja komentokielen käteviä ominaisuuksia kuten, grep, more, less, ls, tai esim. sisäänrakennettu vi-editori. Konfiguraatiota tarkasteltaessa on usein toivottavaa saada mahdollisimman tarkka vastaus haluttuun konfiguraation kohtaan ja mm. grep:in parametreilla tämä yleensä onnistuu erittäin tarkasti.

Kuitenkin paitsi ”greppaamalla” koko konfiguraatiota kerrallaan, voidaan Alcatel-verkkolaitteen konfiguraatiosta tarkastella myös yksittäisiä osioita yksi, tai useampi kerrallaan. Konfiguraatiossa näitä osioita kutsutaan ”snapshot” nimellä.

Esimerkiksi komento `show configuration snapshot svcmgr`, tuottaa BEB1VC-kytkimessä osion jossa SPB-palvelut on määritelty.

```
! SVCMgr:
service access port 1/1/5
service 555 spb isid 555 bvlan 4001
service 555 sap port 1/1/5:5
```

Vastaavasti komento `show configuration snapshot spb-isis`, tuottaa BEB1VC-kytkimessä osion, jossa SPB-topologian ja koko rungolle useiden yhteisten asioiden konfiguraatio on määritelty.

```
! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 2/1/1
spb isis admin-state enable
```

Näitä snapshotteja voi toki edelleen greppata, tai niistä voi, vaikka ottaa `WC -l` komennolla rivien lukumäärän, tai konfiguraation osan uuteen tiedostoon, jota edelleen muokata VI:llä ja muokkauksen jälkeen `configuration apply <file>` komennolla ajaa sen laitteeseen sisään.

Mahdollisuuksia konfiguraation hallintaan on siis monenlaisia ja linux-pohjainen komentokieli madaltaa oppimiskynnystä tehokkaaseen käyttöön.

7.2 Show-komentoja

Seuraavassa on listattuna muutamia yleisiä SPB:hen liittyviä show-komentoja, joiden avulla pääsee alkuun verkon ja sen palveluiden tarkastelussa.

Kaikki show-komentojen tulosteet ovat malleja esimerkkiverkon topologiasta ja siinä olevista kytkimistä. Show-komentojen tulosteissa esiintyvät kytkinten base-mac osoitteet on esitetty seuraavasti.

```
BCB1VC1    e8e7.329d.1111
BCB2       e8e7.329d.2222
BCB3       e8e7.329d.3333
BCB4       e8e7.329d.4444
BEB1VC1    e8e7.329d.aaaa
BEB2       e8e7.329d.bbbb
BEB3       e8e7.329d.cccc
BEB4       e8e7.329d.dddd
BEB5       e8e7.329d.eeee
```

Kaikki komennot on otettu BEB1VC-kytkimestä.

7.2.1 Show spb isis adjacency

Komento, `show spb isis adjacency` näyttää ko. laitteen SPB-naapuruudet. Eli kaikki muut kytkimet joilla on linkin välityksellä naapuruus tähän kytkimeen. Tämä on hyvä komento tarkasteltaessa topologian syntymistä, tai esim. mahdollisissa linkkien vikatilanteissa selkeä perusasia, joka tarjoaa topologian muodostumisen lähtötiedon.

```
SPB ISIS Adjacency:
System
(Name : SystemId)      Type   State   Hold   Interface
-----+-----+-----+-----+-----+-----+
BCB1VC1 : e8e7.329d.1111    L1     UP     19     1/1/1
BCB2    : e8e7.329d.2222    L1     UP     18     2/1/1
```

Toinen komento SPB topologian kaikkien kytkinten näyttämiseen on `show spb isis nodes`, mutta tämän komennon tuottama näkymä ei päivity yhtä nopeasti kuin adjacencyt laiteväleillä, joten esim. vikatilanteissa siitä ei kannata vetää johtopäätöksiä verkon tilasta.

7.2.2 Show spb isis interface

Kytkimen SPB-interfacen tilan tarkistaminen onnistuu komennolla `show spb isis interface`. Tämä komento näyttää kaikki ko. kytkimen interfacet jotka SPB käyttöön on määriteltä, linkkien tilan ja mm. metriikan jota polun valinnassa käytetään.

```
SPB ISIS Interfaces:
Interface      Level   CircID   Oper   Admin   Link   Hello   Hello
              state  state    state state  Metric Intvl   Mult
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
1/1/1          L1      2         UP     UP      10      9       3
2/1/1          L1      3         UP     UP      10      9       3

Interfaces : 2
```

7.2.3 Show spb isis services

Komennolla `show spb isis services`, voidaan mistä tahansa BEB-kytkimestä selvittää koko SPB-verkossa käytössä olevat I-SID:it. Komento tuottaa käytössä olevien I-SID:ien tiedon, niiden BVLAN:it, sekä mistä kytkimissä se löytyy. Tämä on hyvä komento myös luotaessa uutta palvelua, jolla voi tarkistaa, ettei I-SID ole jo käytössä.

Tämä komento näyttää myös dynaamisesti UNP-porttien ja policyn kautta luodut palvelut.

Legend: * indicates locally configured ISID
SPB ISIS Services Info:

	ISID	BVLAN	System (Name : BMAC)	MCAST (T/R)
*	555	4001	BEB1VC	: e8:e7:32:9d:aa:aa
	555	4001	BEB3	: e8:e7:32:9d:cc:cc
	555	4001	BEB4	: e8:e7:32:9d:dd:dd
	555	4001	BEB5	: e8:e7:32:9d:ee:ee
*	666	4002	BEB1VC	: e8:e7:32:9d:aa:aa
	666	4002	BEB2	: e8:e7:32:9d:bb:bb
	666	4002	BEB5	: e8:e7:32:9d:ee:ee
	777	4003	BEB2	: e8:e7:32:9d:bb:bb
	777	4003	BEB3	: e8:e7:32:9d:cc:cc
	777	4003	BEB4	: e8:e7:32:9d:dd:dd

7.2.4 Show service spb manual

Paikalliset ja käsin BEB-kytkimeen konfiguroidut palvelut voi tarkistaa komennolla `show service spb manual`. Tämä komento näyttää siis vain ko. kytkimen palvelut, mutta hieman tarkemmalla tasolla.

Jättämällä pois `manual` sanan ja korvaamalla sen palvelun numerolla, saa juuri sen palvelun tarkat tiedot. Esimerkiksi. `show service spb 555`.

Legend: * denotes a dynamic object
SPB Service Info

SystemId : e8e7.329d.aaaa, SrcId : 0xd9f0d, SystemName : BEB1VC

ServiceId	Adm	Oper	Stats	SAP Count	Bind Count	Isid	BVlan	MCast Mode	(T/R)
555	Up	Up	N	1	1	555	4001	Headend	(0/0)

Total Services: 1

7.2.5 Show service spb dynamic

Vastaavasti dynaamisten palvelujen paikalliselle tarkistamiselle on oma komentonsa.

Legend: * denotes a dynamic object
SPB Service Info

SystemId : e8e7.329d.aaaa, SrcId : 0xd9f0d, SystemName : BEB1VC

ServiceId	Adm	Oper	Stats	SAP Count	Bind Count	Isid	BVlan	MCast Mode	(T/R)
666	Up	Up	Y	1	1	666	4002	Headend	(0/0)

Total Services: 1

7.2.6 Show service access

SAP-porttien tiedot saa komennolla `show service access`. Komento listaa sekä manuaaliset, että dynaamiset access-portit (SAP/UNP). Tätä komentoa voi myös tarkentaa näyttämään pelkästään SAP-portit (`show service access type manual`), tai UNP-portit (`show service access type dynamic`) portit.

```

Port      Link      SAP      SAP      Vlan
Id        Status   Type     Count    Xlation
-----+-----+-----+-----+-----
1/1/5     Up       Manual   1        N      def-access-profile
1/1/6     Up       Dynamic  1        Y      un-def-access-profile  UNP Dynamic Ac-
cess Port

Total Access Ports: 2

```

7.2.7 Show service access port 1/1/5 sap

Tällä komennolla näkee kytkimen fyysisessä portissa olevat SPB-access liitännät. Komento toimii sekä SAP-, että UNP-porteille ja antaa yksityiskohtaista tietoa palvelun access-liitynnästä. Alla olevassa esimerkissä näkyy vain yksi SAP tässä fyysisessä portissa, mutta isommassa verkossa lista voi olla pitkäkin otettaessa useita palveluita sisään yhdestä fyysisestä portista.

```

Legend: * denotes a dynamic object

Identifier  Adm Oper Stats T:P ServiceId Isid/Vnid Xlation Sap Description
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
sap:1/1/5:5 Up  Down  N      Y:x  555      555      N      -

Total SAPs: 1

```

7.2.8 Show unp user

Dynaamisista UNP-porteista sisään tulevat laitteet voi mac-aulun lisäksi todentaa erillisellä ”UNP-käyttäjien” komennolla. Tämä komento antaa paljon tietoa liittyneestä laitteesta ja komento onkin erittäin tehokas tapa nähdä sisään tulevat asiakkaat, sekä UNP:n toiminta.

Tässä esimerkissä on vain yksi sisään tuleva UNP user, mutta isossa verkossa lista voi olla hyvinkin pitkä ja tällöin erittäin informatiivinen, riippuen toki siitä, miten UNP:tä verkossa käytetään.

Listamuotoinen tuloste sisältää paljon tietoa ja alla oleva esimerkki onkin esittämisen helpottamiseksi jaettu kahdelle riville. Normaalisti tuloste näkyy yhtenä vaakarivinä kytkimessä CLI:ssä.

```

Port      Username      Mac address      User
-----+-----+-----+-----
2/1/1     f0:1f:af:52:50:f9  f0:1f:af:52:50:f9  20.20.20.1

Vlan      Profile      Type      StatusIP      Learning
-----+-----+-----+-----+-----
666       666          SPB Access  Active        Local

```

Total users : 1

7.2.9 Show spb isis spf bvlan 4001 bmac e8:e7:32:9d:dd:dd

Tällä komennolla näkee koko SPB:n linkkien muodostaman reitin matkalla komennossa annettuun BMAC:iin ja käyttäen annettua BVLAN:ia. Tämän komennon avulla voi selvittää mitä kautta myös asiakasliikenne kulkee, kun se osoitetaan tiettyyn BVLAN:iin ja on matkalla annettuun kohteeseen.

Tuloste listaa käytetyn reitin ja sen laitteet alhaalta ylöspäin.

```
SPB ISIS Path Details:
  Path Hop Name          Path Hop BMAC
-----+-----
  BEB4                   e8e7.329d.dddd
  BCB3                   e8e7.329d.3333
  BCB1VC                 e8e7.329d.1111
```

Mikäli tämän komennon lyhentää, eikä anna mitään yksittäistä BMAC-osoitetta, niin tulostuu annetun BVLAN:in perusteella next hop, hyppyjen lukumäärä, sekä koko reitin metriikka, joka on matkalla kohdekytkimiin. Tämä antaa erittäin hyvän yleiskuvan siihen mitä SPB-kytkin näkee ja miten polun valinta myös BVLAN-kohtaisesti perustuu.

7.2.10 Mac-ping dst-mac e8:e7:32:9d:dd:dd vlan 4001

Mac-ping komento toimii kuten mikä tahansa ping, mutta tässä pingaus tehdään L2 osoitteilla, käyttäen kytkinten BMAC-osoitteita ja haluttua BVLAN:ia.

```
Reply from E8:E7:32:9D:DD:DD - 1/1/1 : bytes=64 seq=2 time=100us
Reply from E8:E7:32:9D:DD:DD - 1/1/1 : bytes=64 seq=2 time=100us
Reply from E8:E7:32:9D:DD:DD - 1/1/1 : bytes=64 seq=2 time=100us
Reply from E8:E7:32:9D:DD:DD - 1/1/1 : bytes=64 seq=2 time=100us
Reply from E8:E7:32:9D:DD:DD - 1/1/1 : bytes=64 seq=2 time=100us
---- E8:E7:32:9D:DD:DD MAC-PING Statistics----
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip (us)  min/avg/max = 100/100/100
```

8 YHTEENVETO JA MAHDOLLISUUDET

Tämän työn tarkoituksena oli esitellä Shortest Path Bridging (SPB) tietoliikennetekniikkaa ja erityisesti SPB-M vaihtoehtoa. Tarkoituksena oli esittää tekniikan perustiedot esimerkkien muodossa niin, että aiheeseen tutustuminen helpottuu ja lukijalle syntyy käsitys tekniikan toiminnasta ja sen tarjoamista mahdollisuuksista.

Alussa käytiin läpi SPB:n perusteita ja toimintaelementtejä, sekä laitteiden rooleja. Tämän jälkeen katsottiin miten reitin valinta ja usean reitin yhtäaikaisten käytön toteutus, sekä mitkä ovat reitin valintojen tekijät.

Verkonhallintaa ja laitteiden konfigurointia esitettiin esimerkiverkon avulla ja käytännön konfiguraatio mallein. Kaikki käytetyt laitteet olivat yhden laitetoimittajan tuotteita, joten konfiguraatiot ja esimerkit niistä ovat vahvasti sidottu näihin laitteisiin ja tämän laitetoimittajan näkemykseen toteutuksesta. Toisaalta esityksessä kuvattu SPB-tekniikan yleinen toiminta perustuu standardiin, joten asian ymmärtämisen kannalta ei juuri-kaan ole merkitystä verkkolaitteiden toimittajalla.

Tästä dokumentista syntyi mielestäni tiivis ja tavoitellun sisällön kattava kokonaisuus, joka voi olla hyödyllinen kaikille tietoliikennetekniikan parissa työskenteleville, tai tietoliikenteen perusteita ennalta tunteville lukijoille.

Merkittävä osa sisällöstä keskittyy itse laitteiden konfigurointiin, joten tekniselle verkkoylläpitäjälle on toivottavasti myös apua käytännön määrittelyssä ja tätä esitystä voi hyvin pitkälti käyttää myös oppimateriaalina laitekonfiguroinnissa.

SPB-tekniikan käyttö mahdollistaa suurikapasiteettisen ja nopeasti tiedon siirtolinkkien vikatilanteista toipuvan palveluverkon toteuttamisen. kuitenkin varsin helposti omaksuttavalla tavalla.

Verkon skaalautuvuus suurelle määrällä palveluita on erinomainen ja tekniikka/laitteet itsessään hyvin kustannustehokasta. SPB-verkossa ei ole esitettyjä linkkejä lainkaan ja verkko mahdollistaa palvelujen virtualisoinnin, sekä palvelujen luonnin automatisoinnin.

LÄHTEET

Alcatel-Lucent Enterprise. OmniSwitch AOS Release 7,
Data Center Switching Guide (08/2015)

Alcatel-Lucent Enterprise. OmniSwitch AOS Release 7,
Network Configuration Guide (08/2015)

Alcatel-Lucent Enterprise. Shortest path bridging, Design guide (06/2015)

Alcatel-Lucent Enterprise. SPB-M Deep Dive (Tech. presentation) (2015)

Ietf.org. IS-IS Extensions Supporting IEEE 802.1aq Shortest Path Bridging (2011) <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-isis-ieee-aq-05#page-17>

BEB1VC kytkimen konfiguraatio

```

BEB1VC1->
! Chassis:
system name "BEB1VC1"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BCBVC1"
interfaces port 2/1/1 alias "BCB2"
interfaces port 1/1/5 alias "SAP-port"
interfaces port 1/1/6 alias "UNP-port"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 2/1/1 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
unp spb-profile "default" tag-value 0 isid 99999 bvlan 4015
unp spb-profile "srv-red" tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile "srv-blue" tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile "srv-green" tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile "default"
unp port 1/1/6 trust-tag enable

```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile "srv-red"
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile "srv-blue"
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile "srv-green"

! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.11 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address en-
able
lldp nearest-customer chassis tlv management management-
address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BEB1VC1"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
! Module:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 2/1/1
spb isis admin-state enable

! SVCMMGR:
service access port 1/1/5 description "SAP"
service 555 spb isid 555 bvlan 4001
service 555 sap port 1/1/5:5

! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BEB2 kytkimen konfiguraatio

```

BEB2->
! Chassis:
system name "BEB2"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BCBVC1"
interfaces port 2/1/1 alias "BCB2"
interfaces port 1/1/5 alias "SAP-port"
interfaces port 1/1/6 alias "UNP-port"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 2/1/1 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
unp spb-profile "default" tag-value 0 isid 99999 bvlan 4015
unp spb-profile "srv-red" tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile "srv-blue" tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile "srv-green" tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile "default"

```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile "srv-red"
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile "srv-blue"
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile "srv-green"

! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.12 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address en-
able
lldp nearest-customer chassis tlv management management-
address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BEB2"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 1/1/2
spb isis admin-state enable

! SVCMGR:
service access port 1/1/5 description "SAP"
service 666 spb isid 666 bvlan 4002
service 666 sap port 1/1/5:6

! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BEB3 kytkimen konfiguraatio

```

BEB3->
! Chassis:
system name "BEB3"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BCBVC1"
interfaces port 2/1/1 alias "BCB2"
interfaces port 1/1/5 alias "SAP-port"
interfaces port 1/1/6 alias "UNP-port"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 2/1/1 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
unp spb-profile "default" tag-value 0 isid 99999 bvlan 4015
unp spb-profile "srv-red" tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile "srv-blue" tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile "srv-green" tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile "default"

```


SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile "srv-red"
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile "srv-blue"
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile "srv-green"

! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.13 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address en-
able
lldp nearest-customer chassis tlv management management-
address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BEB3"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 1/1/2
spb isis admin-state enable

! SVCMGR:
service access port 1/1/5 description "SAP"
service 555 spb isid 555 bvlan 4001
service 555 sap port 1/1/5:5

! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BEB4 kytkimen konfiguraatio

```

BEB4->
! Chassis:
system name "BEB4"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BCB3"
interfaces port 2/1/1 alias "BCB4"
interfaces port 1/1/5 alias "SAP-port"
interfaces port 1/1/6 alias "UNP-port"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 2/1/1 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
unp spb-profile "default" tag-value 0 isid 99999 bvlan 4015
unp spb-profile "srv-red" tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile "srv-blue" tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile "srv-green" tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile "default"

```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile "srv-red"
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile "srv-blue"
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile "srv-green"

! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.14 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address en-
able
lldp nearest-customer chassis tlv management management-
address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BEB4"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 1/1/2
spb isis admin-state enable

! SVCMGR:
service access port 1/1/5 description "SAP"
service 777 spb isid 777 bvlan 4003
service 777 sap port 1/1/5:7

! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BEB4 kytkimen konfiguraatio

```

BEB5->
! Chassis:
system name "BEB5"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BCB3"
interfaces port 2/1/1 alias "BCB4"
interfaces port 1/1/5 alias "SAP-port"
interfaces port 1/1/6 alias "UNP-port"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 2/1/1 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
unp spb-profile "default" tag-value 0 isid 99999 bvlan 4015
unp spb-profile "srv-red" tag-value 5 isid 555 bvlan 4001
unp spb-profile "srv-blue" tag-value 6 isid 666 bvlan 4002
unp spb-profile "srv-green" tag-value 7 isid 777 bvlan 4003
unp port 1/1/6 port-type spb-access
unp port 1/1/6 classification enable
unp port 1/1/6 default-spb-profile "default"

```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
unp port 1/1/6 trust-tag enable
unp classification vlan-tag 5 tag-position inner spb-
profile "srv-red"
unp classification vlan-tag 6 tag-position inner spb-
profile "srv-blue"
unp classification vlan-tag 7 tag-position inner spb-
profile "srv-green"

! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.15 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address en-
able
lldp nearest-customer chassis tlv management management-
address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BEB4"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1
spb isis interface port 1/1/2
spb isis admin-state enable

! SVCMGR:
service access port 1/1/5 description "SAP"
service 555 spb isid 555 bvlan 4001
service 555 sap port 1/1/5:5

! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```


BCB1VC kytkimen konfiguraatio

```
BCBVC1->
! Chassis:
system name "BCBVC1"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BEB1VC"
interfaces port 1/1/2 alias "BEB2"
interfaces port 1/1/3 alias "BCB3"
interfaces port 2/1/1 alias "BEB3"
interfaces port 2/1/2 alias "BCB2"
interfaces port 2/1/3 alias "BCB4"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 1/1/2 untagged
vlan 4090 members port 1/1/3 untagged
vlan 4090 members port 2/1/1 untagged
vlan 4090 members port 2/1/2 untagged
vlan 4090 members port 2/1/3 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
! Bridging:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.1 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address enable
lldp nearest-customer chassis tlv management management-address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BCB1VC"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1-3
spb isis interface port 2/1/1-3
spb isis admin-state enable

! SVCMMGR:
! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BCB2 kytkimen konfiguraatio

```
BCB2->
! Chassis:
system name "BCB2"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BEB1VC"
interfaces port 1/1/2 alias "BEB2"
interfaces port 1/1/3 alias "BEB3"
interfaces port 1/1/4 alias "BCB1VC"
interfaces port 1/1/5 alias "BCB4"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 1/1/2 untagged
vlan 4090 members port 1/1/3 untagged
vlan 4090 members port 1/1/4 untagged
vlan 4090 members port 1/1/5 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.2 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address enable
lldp nearest-customer chassis tlv management management-address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BCB2"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1-5
spb isis admin-state enable

! SVCMGR:
! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BCB3 kytkimen konfiguraatio

```
BCB3->
! Chassis:
system name "BCB3"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BEB4"
interfaces port 1/1/2 alias "BEB5"
interfaces port 1/1/3 alias "BCB1VC"
interfaces port 1/1/4 alias "BCB4"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 1/1/2 untagged
vlan 4090 members port 1/1/3 untagged
vlan 4090 members port 1/1/4 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.3 mask 255.255.255.0
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address en-
able
lldp nearest-customer chassis tlv management management-
address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BCB3"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
```


SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1-4
spb isis admin-state enable

! SVCMMGR:
! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```

BCB4 kytkimen konfiguraatio

```
BCB4->
! Chassis:
system name "BCB4"
system location "Testitila"

! Configuration:
configuration error-file-limit 2

! Capability Manager:
hash-control extended

! Multi-Chassis:
! Virtual Flow Control:
! LFP:
! Interface:
interfaces port 1/1/1 alias "BEB4"
interfaces port 1/1/2 alias "BEB5"
interfaces port 1/1/3 alias "BCB3"
interfaces port 1/1/4 alias "BCB1VC"
interfaces port 1/1/5 alias "BCB2"

! Link Aggregate:
! VLAN:
vlan 1 admin-state disable
mac-learning vlan 4000-4015 disable
vlan 4090 admin-state disable
vlan 4090 name "roska"
vlan 4090 members port 1/1/1 untagged
vlan 4090 members port 1/1/2 untagged
vlan 4090 members port 1/1/3 untagged
vlan 4090 members port 1/1/4 untagged
vlan 4090 members port 1/1/5 untagged

! Spanning Tree:
spanmtree mode flat
spanmtree vlan 1 admin-state enable
spanmtree vlan 4000 admin-state disable
spanmtree vlan 4001 admin-state disable
spanmtree vlan 4002 admin-state disable
spanmtree vlan 4003 admin-state disable
spanmtree vlan 4004 admin-state disable
spanmtree vlan 4005 admin-state disable
spanmtree vlan 4006 admin-state disable
spanmtree vlan 4007 admin-state disable
spanmtree vlan 4008 admin-state disable
spanmtree vlan 4009 admin-state disable
spanmtree vlan 4010 admin-state disable
spanmtree vlan 4011 admin-state disable
spanmtree vlan 4012 admin-state disable
spanmtree vlan 4013 admin-state disable
spanmtree vlan 4014 admin-state disable
spanmtree vlan 4015 admin-state disable
spanmtree vlan 4090 admin-state enable

! DA-UNP:
! Bridging:
! Port Mirroring:
! Port Mapping:
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
! IP:
ip interface master emp address 9.9.9.4 mask 255.255.255.0
ip service source-ip "EMP-VC" all

! IPv6:
! IPsec:
! IPMS:
! AAA:
aaa authentication default "local"

! NTP:
! QOS:
! Policy Manager:
! VLAN Stacking:
! ERP:
! MVRP:
! LLDP:
lldp nearest-bridge chassis tlv management port-description
enable system-name enable system-description enable
lldp non-tpmr chassis tlv management management-address enable
lldp nearest-customer chassis tlv management management-address enable

! UDLD:
! Server Load Balance:
! High Availability Vlan:
! Session Manager:
session prompt default "BCB4"
command-log enable

! Web:
! Trap Manager:
! Health Monitor:
! System Service:
system timezone EET

! SNMP:
! BFD:
! IP Route Manager:
! VRRP:
! UDP Relay:
! RIP:
! OSPF:
! IP Multicast:
! DVMRP:
! IPMR:
! RIPng:
! OSPF3:
! BGP:
! ISIS:
! Netsec:
! Module:
! LAN Power:
! RDP:
! DHL:
! Ethernet-OAM:
! SAA:

! SPB-ISIS:
spb isis bvlan 4000 ect-id 1
spb isis bvlan 4001 ect-id 2
spb isis bvlan 4002 ect-id 3
```

SHORTEST PATH BRIDGING (SPB)

```
spb isis bvlan 4003 ect-id 4
spb isis bvlan 4004 ect-id 5
spb isis bvlan 4005 ect-id 6
spb isis bvlan 4006 ect-id 7
spb isis bvlan 4007 ect-id 8
spb isis bvlan 4008 ect-id 9
spb isis bvlan 4009 ect-id 10
spb isis bvlan 4010 ect-id 11
spb isis bvlan 4011 ect-id 12
spb isis bvlan 4012 ect-id 13
spb isis bvlan 4013 ect-id 14
spb isis bvlan 4014 ect-id 15
spb isis bvlan 4015 ect-id 16
spb isis control-bvlan 4000
spb isis interface port 1/1/1-5
spb isis admin-state enable

! SVCMGR:
! LDP:
! EVB:
! APP-FINGERPRINT:
! FCOE:
! QMR:
! OPENFLOW:
! Dynamic auto-fabric:
! SIP Snooping:
! DHCP Server:
! DPI:
! DHCPv6 Relay:
! DHCPv6 Server:
! DHCP Message Service:
! DHCP Active Lease Service:
! Virtual Chassis Split Protection:
! DHCP Snooping:
! APP-MONITORING:
! Loopback Detection:
! VM-SNOOPING:
.
```